

**MENGGALI POTENSI ALIRAN AIR SUNGAI SEBAGAI SUMBER TENAGA
PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO; STUDI KASUS : SUNGAI KALI MANGGIS DI
WILAYAH MAGELANG**

Sapto Nisworo¹, Endang Setyowati²

ABSTRACT

People are becoming more dependent on electric energy in their daily life. Waterfall is one potential primary source of energy. Kali Manggis river has to potential for a PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) system used waterfall method. The research was to explore this potential quantitatively.

This research used positivistic method with a hypothesis that Kali Manggis river is good potential of energy. Discharge of water and the height of waterfall were measured and the analysis of data will give quantity energy.

The findings show that Kali Manggis river was a lot of power for electric energy. The electrical energy force in the Kali Manggis river was 1.503,8222179 kwh.

Keywords : *Electric Energy, Micro hydro, Power*

INTISARI

Manusia semakin tergantung kepada listrik dalam kehidupan sehari-hari meeka. Air terjun merupakan salah satu sumber energi primer potensial. Sungai kali manggis memiliki potensial untuk menjadi sebuah system PLTM (pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro), Penelitian ini mengeksplorasi potensi ini secara kuantitatif.

Metode yang digunakan adalah dengan positivistic dengan hipotesis potensi energi sungai kali manggis, yaitu dengan mengukur debit air dan tinggi air terjun.

Penemuan ini menunjukkan bahwa sungai kali manggis memiliki energi listrik yang besar. Tenaga listrik yang dimiliki energi listrik adalah sebesar 1.503,822 kWh.

Kata kunci: Energi Listrik, Mikrohidro, Daya

PENDAHULUAN

Pada dasarnya aliran sungai dapat menghasilkan energi gerak yang dapat dimanfaatkan (Departemen Pertambangan & Energy,1990). Salah satu manfaat adalah sebagai penggerak turbin/kincir yang dipakai untuk membangkitkan energi listrik. Sumber tenaga pembangkit ini disebut dengan system Mikrohidro (Djojodiharjo,1993). Pada system Mikrohidro, aliran air yang dimanfaatkan adalah aliran air yang berupa terjunan. Besar kecilnya terjunan atau tinggi rendahnya terjunan sangat mempengaruhi besarnya tenaga yang dihasilkan. Selanjutnya tenaga yang dihasilkan oleh air terjun ini dapat dipergunakan untuk menggerakkan baling – baling pada turbin atau kincir air (Djojodiharjo,1993).

Sungai Kali Manggis berhulu di Kali Progo di daerah Badran, Kranggan, Kabupaten Temanggung. Debit aliran sungai relatif stabil. Sampai dengan saat ini potensi aliran sungai Kali Manggis belum dimanfaatkan secara optimal. Peman-

faatan baru pada batas untuk pengairan persawahan di wilayah Kabupaten dan Kota Magelang.

Potensi aliran sungai Kali Manggis untuk pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan. Rekayasa tenaga air untuk menghasilkan energi pada air terjun, daerah *run off river* dan *drop-structure* saluran irigasi yang bermanfaat dan tidak menimbulkan dampak lingkungan (Samadikun,1994).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) di saluran sungai Kali Manggis yang dapat dimanfaatkan sekaligus dikelola oleh masyarakat di sekitar aliran sungai.

Beban tenaga listrik di Jawa Tengah dan DIY, pada beban puncak (17.00 s/d 22.00) cukup tinggi. Beban ini sampai dengan saat sekarang, belum dapat dipenuhi oleh sumber energi yang ada. Kekurangan energi listrik pada beban puncak diperkirakan sebesar 1.300 MW

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang

² Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Widya Mataram Yogyakarta

(Sapto, 2007). Untuk itu masih diperlukan penambahan energi listrik yang cukup besar. Penambahan energi listrik yang cukup besar, akan diikuti oleh penyediaan dana yang sangat mahal. Apabila biaya tersebut dibebankan kepada masyarakat konsumen, pada saat ini belumlah memungkinkan, mengingat kondisi sosial ekonomi masyarakat kita sedang terpuruk. Jika biaya dibebankan kepada pemerintah juga tidak memungkinkan, karena pemerintah sedang berusaha mengurangi subsidi energi.

Oleh karena itu diperlukan alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik ini, tetapi secara ekonomi tidak menjadi beban masyarakat maupun pemerintah. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan penggunaan system pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Beberapa permasalahan timbul seperti: Apakah aliran sungai Kali Manggis memiliki potensi sebagai sumber tenaga pembangkit listrik? Berapa besar daya listrik yang dapat dihasilkan oleh aliran sungai Kali Manggis dengan menggunakan sistem mikrohidro?

Untuk mengetahui potensi aliran sungai Kali Manggis sebagai sumber tenaga pembangkit listrik mikrohidro.

Untuk mengetahui besarnya daya listrik yang dapat dihasilkan oleh aliran sungai Kali Manggis.

Ruang lingkup kajian dititik berakan pada ruang lingkup energi listrik atau elektronika. Tetapi karena dalam perencanaan sistem mikrohidro dibutuhkan perencanaan bangunan pelengkap, maka ruang lingkup konstruksi bangunan juga dibutuhkan.

Obyek yang dipilih adalah titik-titik terjunan aliran sungai Kali Manggis sebagai studi kasus yang digunakan untuk: mendapatkan besaran daya listrik yang dapat dihasilkan dari potensi aliran sungai yang ada dan kemungkinan pemanfaatan energi listrik untuk kebutuhan masyarakat.

Dalam perencanaan pusat listrik tenaga mikrohidro (PLTM) diperlukan data utama yang terdiri dari tinggi air terjun dan debit air minimum yang dapat dipakai untuk menggerakkan turbin.

Dengan tinggi bangunan terjunan yang konsisten dapat dihasilkan putaran

turbin dan daya turbin yang konstan (Arismunandar, 1980).

Rumus perhitungan :

$$N_i = Q.H_n.g \text{ kilo watt}$$

N_i = daya yang dihasilkan (kilo watt)

Q = debit air (m^3/dt)

H_n = tinggi jauh netto (m)

g = gravitasi bumi = $9,8 m/dt^2$

angka koefisien 0,70-0,85

Untuk menghitung kerugian pada pipa saluran ujung masuk dari gesekan pada belokan adalah :

(sudut belokan 30^0)

$$f_{30} = (0.946 \sin 30/2 + 2.047 \sin^4 30/2)$$

$$= (0.63 + 0.0092) = 0.072$$

(sudut belokan 60^0)

$$f_{30} = (0.946 \sin 60/2 + 2.047 \sin^4 60/2)$$

$$= (0.326 + 0.128) = 0.364$$

(sudut belokan 30^0)

$$f_{total} = f_2 = f_{30} + f_{60} = 0.436$$

Rugi gesekan pada pengecilan penampang :

(sudut belokan 30^0)

$$f_3 = 0.029 \text{ (Arismunandar, 1980)}$$

Sehingga total rugi sebesar :

$$f_0 = f_1 + f_2 + f_3$$

Metode penelitian yang digunakan metode penelitian positivistic, yang diawali dari suatu hipotesa adanya daya listrik yang dapat dihasilkan oleh fenomena aliran sungai Kali Manggis. Pembuktian hipotesa dilakukan dengan tahapan pengukuran debit air dan tinggi jatuh air terjun serta identifikasi belokan-belokan saluran air yang ada yang memungkinkan terjadinya kerugian debit.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa data dan perhitungan untuk mendapatkan besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari hasil analisa data. Hasil yang diharapkan adalah besaran daya atau energi listrik secara keseluruhan dari aliran sungai Kali Manggis. Selanjutnya dilakukan perhitungan pandapatan dan efisiensi yang dapat diambil, sebagai salah satu pertimbangan atau rekomendasi kebijakan.

PEMBAHASAN

Daya yang Dihasilkan (Lokasi Air Terjun di Wilayah Kota Magelang) dengan menggunakan rumus perhitungan :

$$N_i = Q.H_n.g \text{ kilo watt}$$

Hasil analisa data debit air pada beberapa titik terjunan yang diambil sebagai kasus, dengan perhitungan dan analisa terhadap adanya belokan dengan sudut – sudut tertentu (sudut belokan 30° dan sudut belokan 60°), serta perhitungan terhadap rugi gesekan penampang dengan sudut belokan 30°, dengan

masing – masing besarnya adalah :
Sudut belokan 30° = 0,072
Sudut belokan 60° = 0,364

Rugi gesekan dengan sudut belokan 30° = 0,029, angka efisiensi dipakai 70% maka didapatkan hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Besar daya listrik yang dihasilkan pada terjunan air di wilayah kota

| No | Lokasi | Desa | Debit (m ³ /detik) | Tinggi jatuh (m) | Daya yang dihasilkan (kwatt) |
|----|--------------|------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| 1. | Kedungsari | Kedungsari | 4. 275921909 | 2.3 | 67.46549588 |
| 2. | Menowo RW II | Kedungsari | 4. 140305573 | 2.5 | 71.00624059 |
| 3. | Menowo RW I | Kedungsari | 4. 140305573 | 5.5 | 156.2137293 |
| 4. | Polosari | Kedungsari | 4. 140305573 | 3.5 | 99.40873682 |
| 5. | Kebonpolo | Wates | 4. 140305573 | 5.25 | 149.1131052 |
| 6. | Rindam IV | Gelangan | 3. 463514902 | 1.2 | 28.51165468 |
| 7. | Jalan Ikhlas | Magersari | 2.856537402 | 1.73 | 33.90081458 |
| 8. | Jalan Ikhlas | Magersari | 2. 856537402 | 2.76 | 54.08453655 |
| | | | | | 659.7043136 |

Dari data debit air yang bernilai sama dengan data di atas terdapat kondisi sebagai berikut :

1. Jarak antar terjunan lebih kurang 200 meter
2. Tidak terdapat aliran lain
3. Apabila dalam 1 (satu) bulan dihitung = 30 (tiga puluh) hari atau = 720 jam
4. Pada kondisi aliran sungai Kali Manggis yang mendapat giliran mati/tidak mengalir selama 12 jam (berdasar data yang ada adalah setiap hari Senin Kali Manggis mati)

Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Jika dihitung harga jual listrik /KWH = Rp. 390,00

Daya yang dihasilkan = 659,7043136 kWH

Pendapatan kotor yang dihasilkan = Rp. 172.895.307,00 per bulan.

Pada lokasi Kabupaten juga dilakukan analisa data dengan dasar teori sebagai berikut :

rumus perhitungan :

$$Ni = Q.Hn.g \text{ kilo watt}$$

Hasil analisa data debit air pada beberapa titik terjunan yang diambil sebagai kasus, dengan perhitungan dan analisa terhadap adanya belokan dengan

sudut – sudut tertentu (sudut belokan 30° dan sudut belokan 60°), serta perhitungan terhadap rugi gesekan penampang dengan sudut belokan 30°, dengan masing – masing besarnya adalah :
Sudut belokan 30° = 0,072
Sudut belokan 60° = 0,364

Rugi gesekan dengan sudut belokan 30° = 0,029, angka efisiensi dipakai 70% maka didapatkan hasil seperti tabel 2.

Dari data debit air yang bernilai sama dengan data di atas dan memiliki kondisi sebagai berikut :

1. Jarak antar terjunan lebih kurang 200 meter
2. Tidak terdapat aliran lain
3. Apabila dalam 1 (satu) bulan dihitung sama dengan 30 (tiga puluh) hari atau = 720 jam
4. Pada kondisi aliran sungai Kali Manggis yang mendapat giliran mati / tidak mengalir selama 12 jam (berdasar data yang ada adalah setiap hari Senin Kali Manggis mati)

Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Jika dihitung harga jual listrik / kWH = Rp. 390,00

Daya yang dihasilkan = 844,1179043 kWH

Pendapatan kotor yang dihasilkan = Rp.221.226.420,00 per bulan.

Tabel 2 : Besar daya listrik yang dihasilkan pada aliran sungai Kali Manggis di wilayah Kabupaten

| No | Lokasi | Desa | Debit (m ³ /detik) | Tinggi jatuh (m) | Daya yang dihasilkan (kwatt) |
|----|---------------|-----------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1. | Karangmojo | Payaman | 5,017975198 | 84,3 | 148,0202324 |
| 2. | Karangboyo | Payaman | 4,972351086 | 4,7 | 160,3185437 |
| 3. | Malangan | Payaman | 4,972351086 | 3.8 | 272,8826276 |
| 4. | Tegalsari I | Tegalsari | 4,904458599 | 4.33,1 | 104,2982166 |
| 5. | Tegalsari II | Tegalsari | 0,237812128 | 3.810 | 16,31391201 |
| 6. | Tegalsari III | Tegalsari | 0,445306328 | 4.69,2 | 28,1417295 |
| 7. | Pagiren | Pagiren | 4,380090498 | 3.13,8 | 114,1801991 |
| | | | | Jumlah : | 844,1179043 |

Pada dasarnya Pembangkit Listrik Mikrohidro mirip dengan PLTA. Tetapi pada PLTM tidak dibutuhkan waduk atau bendungan besar. Sedangkan komponen – komponen yang dibutuhkan pada PLTM adalah :

1. Bendung (weir) adalah bangunan yang berfungsi untuk meninggikan muka air sungai / saluran, sehingga elevasi muka air dapat mengalir pada area yang lebih tinggi (Dirjen Listrik, 1997).
2. Intake, yaitu bangunan yang dibangun di sisi kanan dan kiri bendung. Bangunan ini berfungsi mengalirkan air ke area sekitar, sesuai dengan debit perencanaan.
3. Saluran pembawa, adalah saluran yang berfungsi mengurangi perembesan dan pengikisan agar dapat diperoleh air sungai yang sesuai dengan debit perencanaan.
4. Bak pengendap. Bangunan ini berfungsi mengurangi endapan, sehingga material – material yang terbawa air dapat mengendap.
5. Bak Penenang. Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi kecepatan air yang berasal dari bak pengendap agar kecepatannya mendekati nol. Sehingga dapat mengurangi turbulensi antara air dan pipa untuk dapat dibangkitkan daya yang optimal. Bak penenang perlu dirancang dengan pertimbangan debit perencanaan dan daya dukung tanah pada lokasi yang direncanakan (Budiharjo,1983). Bak penenang dapat dilengkapi dengan saringan (*trachrack*) dari besi, untuk menyaring sampah dan benda – benda lain yang dapat menyebabkan

kerusakan turbin/ kincir (Komarayati,1994).

6. Saluran pelimpah. Adalah bangunan yang berfungsi untuk menjaga tinggi muka air pada bak penenang atau saluran pembawa, sehingga selalu dapat dijamin perolehan air sesuai debit perencanaan.
7. Pondasi pipa pesat. Adalah bangunan yang berfungsi sebagaiudukan pipa pesat untuk menghindari pengaruh penurunan permukaan (*settlement*) tanah akibat gaya geser tanah dan tegangan geser dari pipa. Pada dasarnya pondasi pipa pesat terdiri dari pondasi penumpu (*slide block*) dan pondasi pengunci (*anchor block*). Pondasi penumpu dipasang pada lintasan pipa yang lurus, sementara pada pipa pesat yang belok dan ujung dari pipa pesat sebelum masuk ke rumah pembangkit dipasang pondasi pengunci. Dimensi dan jarak antar pondasi dirancang dengan pertimbangan beban yang harus dipikul dan kemampuan daya dukung tanah.
8. Rumah pembangkit. Bangunan ini berfungsi untuk tempat kedudukan turbin/kincir, melindungi alat-alat pembangkit serta merupakan pusat control dari system pembangkit. Ukuran rumah pembangkit dirancang sesuai dengan ukuran peralatan elektronikal yang hendak dilindungi dengan memperhatikan factor kenyamanan dan keleluasaan kerja dalam kondisi operasi dan pada saat perawatan. Diusahakan sirkulasi udara yang memadai agar generator dan peralatan lainnya dapat beroperasi pada

kondisi suhu udara sekeliling yang disyaratkan. Untuk keamanan pembangkit semua tulangan (*reinforcement*) pada rumah pembangkit dikopel dengan system pentanahan listrik (*grounding*) yang disyaratkan.

9. Saluran pembuang (*tail race*). Adalah saluran yang berfungsi untuk membawa aliran setelah memlalui turbin. Bangunan ini dirancang dengan memperhitungkan debit perencanaan, kemudahan akses bagi system drainase di rumah pembangkit dan factor keamanan pada saat terjadi banjir. Apabila kondisi memungkinkan, saluran pembuang dapat difungsikan pula sebagai tangki ballast (*ballast load tank*) dengan element *ballast load* dicelupkan.

Dalam perencanaan PLTM, dibutuhkan peralatan mekanik, yang terdiri dari :

1. Pipa pesat. Pipa ini dirancang dengan memerhitungkan dan mempertimbangkan teknis-teknis kekuatan pipa dalam menahan tekanan air, tebal pipa, diameter pipa, perhitungan rugi gesek (*friction /head loss*) dan rugi turbulensi, kekuatan pipa dalam menahan tekanan air pada saat terjadi pukulan yang dihitung berdasar diagram Lorenzo Allievi (Mismail, 1980)
2. Turbin air arus silang (*cross flow turbine*). Pemilihan jenis dan tipe turbin mengacu pada kondisi dan potensi hidro yang tersedia di lokasi perencanaan (Notosudjono,1994).
3. Transmisi mekanik

Peralatan elektrik yang digunakan adalah generator sinkron, yang berfungsi sebagai pengubah daya poros turbin menjadi daya listrik. Pertimbangan pemilihan generator ini adalah:

1. Faktor daya yang diberikan memungkinkan mendekati 1, mempunyai koefisien yang bagus untuk jangkauan yang luas, dan mampu dioperasikan secara terus menerus.
2. Mempunyai isolasi pada kelas yang memadai dan mempunyai kumparan standar $2/3$ *pitch* untuk menghindari arus netral yang berlebihan.
3. Mudah dalam perawatan.

4. Tahan terhadap pembebanan lebih (*overload*).
5. Memungkinkan untuk paralel dengan generator lain atau dengan grid.
6. Memiliki AVR yang sesuai dengan sistem control yang digunakan dan sistem proteksi yang sesuai.

KESIMPULAN

Sistem pembangkit mikro hidro sangat dimungkinkan di sepanjang sungai Kali Manggis, dengan tidak menimbulkan dampak apapun yang signifikan terhadap fungsi sungai yang sudah ada, lingkungan sekitar maupun sosial budaya masyarakat.

Energi listrik yang dihasilkan dapat langsung dikelola oleh pemerintah daerah. Juga memungkinkan dapat dipergunakan untuk membuka industri kecil (misal pakan ternak) dengan listrik sebagai sumber penggerak peralatan, bagi masyarakat sekitar aliran sungai.

Ada kemungkinan dibukanya budi-daya ternak ikan, pariwisata dan kesempatan kerja bagi masyarakat di sekitar aliran sungai.

Hasil energi listrik sebesar 659,7043136 kWH dan 844,1179043 kWH.

Jika energi listrik yang dihasilkan ini dijual ke PT PLN, maka hasil yang didapatkan sebesar Rp. 172.895.307,00 tiap bulan untuk wilayah kota dan Rp. 221.226.420,00 tiap bulan untuk wilayah kabupaten.

Beberapa persyaratan teknis fisik bangunan dan mekanika elektrika perlu diperhatikan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga Mikro Hidro.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, 1980, *Penggerak Turbin*, ITB
- Budiharjo, 1983, *Konstruksi Bangunan*, Gramedi, Jakarta
- Danar, Agus, 1993, *Pengaruh Kebijakan Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia*, KNIWEC.
- Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jendral Listrik dan pengembangan Energi, 1990, *Survey Pembangunan dan Penyaluran Pemanfaatan Listrik Desa di*

- Seluruh Indonesia*, PT Bina Seta Optimal.
- Djojodiharjo, Harijono, 1993, *Perkembangan Masa Depan dan Pemulihan Teknologi*,
- Djojodiharjo, Harijono, 1993, *Strategi Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi Energi Terbarukan dalam Menunjang Penyediaan Energi yang Berwawasan Lingkungan*, KNIWEC,.
- Direktorat Jendral Listrik dan Pengembangan Energi, 1997, *Studi Rencana Induk Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia*, Jakarta.
- Joyowiyono, FX. Marsudi, 1983, *Engineering Economic*, Departemen Pekerjaan Umum, Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Komarayati, Sri, Gusmailinaan, 1994, *Penyediaan Energi Alternatif dengan Teknologi tepat Guna*, KNIWEC, Jakarta
- Mismail, Budiono, 1980, *Rural Electrification in Indonesia*, A Thesis Submitted to The Faculty of Graduate School of The University of Colorado in Partial Fulfillment Of Requirements For The Degree Of Master Of Science Department of Electrical Engineering.
- Notosudjono, Didik, Hariana, 1994, *Pemanfaatan Renewable Energi untuk Penyediaan Air Bersih di Kawasan Pantai*, BBPT, Jakarta
- Samadikun, Koyat, 1994, *Strategi Pengembangan Ketenaga Listrik, Pemilikan Teknolgi dan Sumber Energi yang Berwawasan Lingkungan*, KNIWEC , Jakarta.
- Sapto, Nisworo, 2007, *Satu Setengah Juta Watt (1,5 MW) Energi Listrik Belum Termanfaatkan di Wilayah Kota dan Kabupaten Magelang*, Orasi Ilmiah Dies Natalis XXVIII Universitas Tidar Magelang.